

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Talonrakennustekniikka

2017

Tony Pahlman

SISÄILMARAKENNUTTAMINEN TOIMIVUUDEN VARMISTAMISEN KONSEPTIA HYÖDYNTÄEN

Tony Pahlman

SISÄILMARAKENNUTTAMINEN TOIMIVUUDEN VARMISTAMISEN KONSEPTIA HYÖDYNTÄEN

Tässä opinnäytetyössä esitetään rakennuttajan tehtävät talonrakennushankkeessa, jossa tavoitteena on saavuttaa rakennuksen hyvät sisäilmasto-olosuhteet. Työssä on kuvattu rakennushankkeessa toimijoille asetettavia vastuuta ja tehtäviä tavoitteeseen pääsemiseksi.

Sisäilmasto-olosuhteiltaan viihtyisien ja terveellisten tilojen saavuttaminen on monimutkainen kokonaisuus. Sisäilmastoon vaikuttavat toimenpiteet aloitetaan heti hankkeen alkuvaiheessa ja toimenpiteitä jatketaan koko rakennuksen elinkaaren ajan. Hyviin sisäilmasto-olosuhteisiin pääseminen edellyttää ennakkosuunnittelua ja laadukasta toteuttamista, jotta rakennuksen sisäilmastoon vaikuttavat tekijät saadaan yhteensovitettua toimivaksi kokonaisuudeksi.

Työssä on käytetty hyväksi toimivuuden varmistamisen konseptia, jolla pyritään varmistamaan koko rakennushankkeen ajan tavoitteiden täyttyminen. Työn pohjalta on laadittu rakennuttajakonsultille suunnattuja laadunvarmistamisen toimintatapoja ja ohjeistusta, joilla sisäilmasto-olosuhteet huomioidaan koko rakennushankkeen ajan.

ASIASANAT:

sisäilmarakennuttaminen, rakennuttaminen, toimivuuden varmistaminen, puhtaudenhallinta, kosteudenhallinta

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil engineering | Structural Engineering

2017 | 27 + 6 pages

Tony Pahlman

INDOOR CLIMATE CONSTRUCTION MANAGEMENT UTILIZING THE CONCEPT OF BUILDING COMMISSIONING

This thesis is based on the tasks of the developer in a building project aiming to achieve the good indoor climate conditions of the building. The thesis describes the responsibilities and tasks to be set for operators in the construction project in order to reach the goals.

Achieving comfortable and healthy premises in terms of indoor climate conditions is a complex entity. Measures affecting the indoor climate are initiated immediately at the beginning of the project and the measures are continued throughout the life cycle of the building. Achieving good indoor climate in a building requires advance planning and high-quality implementation so that the building can be coordinated into a functional whole.

In the thesis has been utilized the concept of Building Commissioning which aims to ensure fulfillment of the objectives throughout the construction project. Based on the thesis, quality assurance practices and guidelines for the developer consult have been developed to take into account the indoor climate conditions throughout the construction project.

KEYWORDS:

indoor climate construction management, construction management, building commissioning, cleanliness management, moisture management

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 RAKENNUSHANKE	3
2.1 Rakennushankkeen määrittely	3
2.2 Rakennushankkeen osapuolet	3
2.2.1 Tilaaja	3
2.2.2 Rakennuttaja	3
2.2.3 Omistaja	4
2.2.4 Käyttäjä	4
2.2.5 Suunnittelija	4
2.2.6 Urakoitsija	4
3 TOIMIVUUDEN VARMISTAMISEN KONSEPTI	5
4 SISÄILMARAKENNUUTTAMINEN HANKEVAIHEITTAIN	6
4.1 Tarveselvitys	6
4.2 Hankesuunnittelu	8
4.3 Suunnittelun valmistelu	13
4.4 Suunnittelun ohjaus	14
4.5 Rakentamisen valmistelu	19
4.6 Rakentaminen	20
4.7 Vastaanotto ja käyttöönotto	22
4.8 Takuuaika	23
5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	24
LÄHTEET	26

LIITTEET

Liite 1. Taulukko 2. Sisäilmaston tavoitearvot (RT 07-10946 2009).
Liite 2. Sisäilmasto-olosuhteiden vaatimusmatriisit.

KUVAT

Kuva 1. Sisäilmaston osa-alueet (Pietiläinen ym. 2007).	9
Kuva 2. Sisäilmaston työn tehokkuuteen aiheuttamia taloudellisia vaikutukset (Seppänen 2005).	11
Kuva 3. Rakennuksen kosteusrasituksia (Sisäilmaopas 2011).	16

TAULUKOT

Taulukko 1. Sisäilmaston ja energiatehokkuuden keskinäiset vaikutukset (Pietiläinen ym. 2007).	12
--	----

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä sisäilmarakennuttamisella on tarkoitettu sisäilmastolähtöistä rakennuttamista. Sisäilmasto muodostuu Sisäilmayhdistys ry:n (2017) määrittelyn mukaan sisäilmastotekijöistä, joita ovat hengitettävä ilma ja sen laatu, lämpö-, kosteus-, ääni- ja valaistusolosuhteet sekä säteily. Opinnäytetyössä on keskitytty rakennushankkeen rakennuttajan tehtäviin, joilla rakennuksesta saadaan maankäyttö- ja rakennuslain (MRL 132/1999 117 c §) mukaisesti käyttötarkoitusta vastaava sekä käyttäjille terveellinen ja turvallinen huomioiden edellä mainitut sisäilmatekijät.

Työn toimeksiantajana on Rakennuttajatoimisto Valvontakonsultit Oy, jonka tarjoamiin palveluihin kuuluu hankkeen johtaminen, rakennuttaminen, työmaavalvonta ja kiinteistöalan erikoiskonsultointi. Aihe on hyvinkin ajankohtainen yritykselle, sillä rakennuksen sisäilmastorakennuttamiseen liittyvät toimeksiannot ovat lähiaikoina kasvaneet entisestään. Aihe on myös käytännöllinen rakennuttajakonsulttina toimivalle Valvontakonsultit Oy:ssä. Työn tavoitteena on laatia yritykselle ohjeistus sisäilmarakennuttamisen toimenpiteistä, joilla varmistetaan hankkeen lopputuloksen toimivuus ja saavutetaan tilaajan asettamat tavoitteet. Opinnäytetyössä sisäilmarakennuttamisen laadunvarmistuksen menetelmänä on hyödynnetty toimivuuden varmistamisen konseptia, jonka avulla varmistetaan Pietiläisen ym. (2007) määrittelyn mukaisesti, ”että valmistunut rakennus toimii suunnitelmien ja niissä asetettujen tavoitteiden mukaisesti”. Toimivuuden varmistamisessa eli ”ToVa-toiminnassa” on keskeistä hankkeen tavoitteiden täsmällinen määrittely, tiedonsiirto ja dokumentointi koko hankkeen ajan (Pietiläinen ym. 2017).

Sisäilmaston merkitys on ihmisten viihtyvyyden ja terveellisyyden kannalta keskeisessä roolissa, sillä ihminen viettää Sisäilmayhdistys ry:n (2017) mukaan yli 90 % ajastaan sisätiloissa. Rakennuksen hyvällä sisäilmastolla voi myös olla huomattavaa taloudellista hyötyä rakennuksen omistajalle ja käyttäjälle. Hyvän sisäilmaston viihtyvyys ja terveysvaikutukset heijastuvat esimerkiksi työpaikoilla tuottavuuden kasvuna, joka näkyy mm. sairaspotilaiden vähenemisenä, tehokkuuden kasvuna ja henkilöstön vaihtuvuuden vähenemisenä. Sisäilmastoon vaikuttavien muuttujien huomiointi rakennushankkeissa nousee yhä tärkeämmäksi osa-alueeksi rakentamisessa, sillä yhä enemmän joudutaan rakennuksiin tekemään sisäilmakorjauksia, jotka voivat johtua mm. kosteuden- tai puhautenhallinnan laiminlyönneistä. Suomessa sisäilman heikosta laadusta johtuvia kus-

tannuksia on arvioitu kertyvän vuositason (Sisäilmayhdistys ry 2017, Seppäsen ja Palosen 1997, mukaan) n. 3 miljardia euroa. Tämän perusteella hyvän sisäilmaston saavuttamiseen on siis syytä keskittyä edellä mainittujen terveysvaikutusten lisäksi estämään myös heikon sisäilman aiheuttamia rakennuksen korjaustarpeita. (Sisäilmayhdistys ry 2017; Pietiläinen ym. 2007.)

Hyvän sisäilmaston saavuttaminen edellyttää koko rakennushankkeen aikaista sitoutumista tavoitteiden saavuttamiseksi. Hankkeessa tulee keskittyä sisäilmastoon vaikuttavien tekijöiden huomioimiseen rakenteissa ja järjestelmissä sekä niiden yhteensovittamiseen, jotta rakennus toimii kaikissa käytönaikaisissa ja ulkopuolisissa olosuhteissa halutulla tavalla. Sisäilmastoon vaikuttavia tekijöitä ovat siis rakennuksen sisällä tapahtuva toiminta ja siitä aiheutuvat kuormitukset sisäilmastolle sekä myös ulkopuoliset kuormitustekijät. Rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa kiinnitetään erityistä huomioita rakenteiden rakennusfysikaaliseen toimivuuteen, ilmanpitävyyteen, käytettäviin materiaaleihin, taloteknisiin järjestelmiin ja kaikkien näiden yhteensopivuuteen sekä myös rakentamisen aikaiseen kosteuden- ja puhtaudenhallintaan. (Ympäristöministeriö 2012.)

Sisäilmastoluokitus 2008 -RT-kortissa (RT 07-10946 2009) on esitetty sisäilmastolle kolme ns. laatuluokkaa, jotka ovat S1, S2 ja S3. Sisäilmastoluokituksen S3 määrittelyssä täytetään rakentamista koskevilla laeilla ja määräyksillä rakennuksen sisäilmasto-olosuhteille asetetut vähimmäisvaatimukset. S1- ja S2-luokassa pyritään parempiin sisäilmasto-olosuhteisiin. S2-luokassa pyritään rakennuksen sisäilmasto-olosuhteissa hyviin olosuhteisiin kaikilla osa-alueilla, mutta kuitenkin sallitaan lyhytaikaisia viihtyvyyttä haittaavia muutoksia mm. vuodenajasta riippuen. S1-luokka kuvaa sisäilmaston laadultaan parhaita olosuhteita, joissa saavutetaan viihtyisät olosuhteet ja erittäin hyvä sisäilmaston laatu kaikissa kuormitustilanteissa vuodenajasta riippumatta. (RT 07-10946 2009.)

2 RAKENNUSHANKE

2.1 Rakennushankkeen määrittäminen

Rakennushankkeen taustana on syntynyt tilantarve yksityiselle henkilölle, julkisyhteisölle tai yritykselle. Tilantarpeen syntyyn on useita syitä, kuten esimerkiksi julkisyhteisölle tämä tilantarve voi johtua sen yhteiskunnallisista velvoitteista. Syntyneen tilantarvetta voidaan tyydyttää erilaisilla tilanhankintavaihtoehdoilla. Mikäli tilanhankintaratkaisuna on korjaus- tai uudisrakentaminen, kyseessä on rakennushanke. (Kankainen & Junnonen 2004, 9.)

2.2 Rakennushankkeen osapuolet

2.2.1 Tilaaja

Tilaajalla tarkoitetaan rakennushankkeeseen ryhtyvää henkilöä tai organisaatiota. Toisin sanoen tilaaja on rakennushankkeen toimeksiantaja. Tilaajan vastuulla on rakennuttamisen organisoinnin tehtävät sekä hankkeen toteutuksen tavoitteiden määrittäminen. Tilaaja voi hoitaa rakennuttamistehtävät itse tai ulkoistaa tehtävät osittain tai kokonaan käyttäen ulkopuolista rakennuttajakonsulttia. Tilaajan edustajana toimiva rakennuttajakonsultti johtaa hanketta toimeksiannossaan määritellyin valtuuksin. Rakennuttajakonsultti suorittaa rakennuttamisen tehtävät ja valmistelee hanketta koskevat päätökset tilaajan päätettäväksi. (RT 10-11107 2013; Kankainen & Junnonen 2004, 12.)

2.2.2 Rakennuttaja

Rakennuttajalla tarkoitetaan rakennushankkeen rakennuttamistehtävistä vastaavaa organisaatiota. Rakennuttajan vastuulla on hankkeen organisointi, viranomaislupien hankinta, taloudellisten tietojen laatiminen sekä hankkeen toteuttaminen ja valvonta. Rakennuttaja huolehtii rakennuksen suunnittelusta ja rakentamisesta tilaajan hankkeelle asetettujen resurssien puitteissa. Rakennuttajan vastuualueeseen kuuluu myös varmistua, että toteutuksen edellytykset, menettelyt ja lopputulos ovat asetettujen viranomaismääräysten mukaisia. (RT 10-11222 2016; Kankainen & Junnonen 2004, 13.)

2.2.3 Omistaja

Omistaja on rakennuksen omistavaa organisaatio tai yksityishenkilö. Omistaja myös useimmiten vastaa rakennuksen ylläpidosta ja huollosta. (Kankainen & Junnonen 2004, 12.)

2.2.4 Käyttäjä

Käyttäjällä tarkoitetaan rakennusta käyttäviä henkilöitä. Talonrakennushankkeessa tämä tarkoittaa tiloissa asuvia tai toimivia henkilöitä. (Kankainen & Junnonen 2004, 12.)

2.2.5 Suunnittelija

Suunnittelijoilla tarkoitetaan hankkeen suunnitelmien laatijoita. Suunnittelijoihin kuuluu normaalissa talonrakennushankkeessa arkkitehti sekä rakenne-, pohjarakenne-, LVIA- ja sähkösuunnittelijat. Tarvittaessa käytetään myös muita erityissuunnittelijoita. Suunnittelusta vastaa pääsuunnittelija, joka voi olla esimerkiksi arkkitehti. (Kankainen & Junnonen 2004, 13.)

2.2.6 Urakoitsija

Urakoitsijalla tarkoitetaan rakennuksen rakentajaa, jolta rakennustyön toteutus on tilattu. Urakoitsija vastaa työsuorituksen tekemisestä urakkasopimuksissa määritellyssä laajuudessa. (Kankainen & Junnonen 2004, 13.)

3 TOIMIVUUDEN VARMISTAMISEN KONSEPTI

Toimivuuden varmistaminen on prosessi, jolla pyritään täydentämään rakentamisessa nykyisin käytettyjä yleisiä laatujärjestelmiä. Rakennushankkeeseen vaikuttavat taustatekijät vaikuttavat myös toimivuuden varmistamisen prosessiin. Näitä tekijöitä ovat mm. tilaajakohtaiset erot tavoitteiden määrittelyssä, erilaiset laadulliset ja toiminnalliset käytännöt yrityksillä sekä hankintojen vastuunjaon vaihtelut urakkamuodosta riippuen. Toimivaan lopputuotteeseen pääsemiseksi on huomattu, että keskeisen puute nykyisissä laatukäytännöissä on tavoitteiden epäselvä dokumentointi. Toimivuuden varmistaminen lähtökohtana on rakentaminen rakennuksen käyttötarpeita vastaavaksi. Toimivuuden varmistamisen toimenpiteet aloitetaan hankkeen tavoitteita asetettaessa, ja sen tehtävänä on varmistaa näiden tavoitteiden toteutumista läpi hankkeen. (Pietiläinen ym. 2007.)

Pietiläisen ym. (2007) mukaan hankkeelle olisi syytä nimittää toimivuuden varmistamistoiminnasta vastaava henkilö. Hankkeeseen soveltuvan vastuuhenkilön asettaminen riippuu usein toteutusmuodosta, mutta vaihtoehtoisesti voidaan myös hankkia täysin ulkopuolinen konsultti. Perinteistä urakkamuotoa käytettävissä suurissa ja vaativissa hankkeissa ns. ToVa-vastaava on usein perusteltua nimittää hankkeessa jo tiiviisti mukana olevien osapuolten joukosta, kuten esimerkiksi pääsuunnittelija tai rakennuttajan projektipäällikkö. Toimivuuden varmistaminen sisäilmaston kannalta vastaavan vaatimuksena on, että hänellä on edellytykset toimia tehtävässään. (Pietiläinen ym. 2007.)

ToVa-vastaavan tehtäviin kuuluu hankkeen aikana tahdittaa toimivuuden varmistamisen menettelyt hankkeen aikatauluihin. Hankkeen jokaisessa vaiheessa tulee toimivuuden varmistamisen tehtävät sekä tavoitteet olla selkeästi dokumentoituna. ToVa-vastaavan tehtäviä hankkeen aikana ovat toimivuuden varmistamisen johtaminen, hankekohtaisen suunnitelman laatiminen, päiväkirjan pitäminen, käyttö- ja huoltokirjan kasaaminen sekä suunnitelmien tarkistus ja kommentoiminen. Toimivuuden varmistamisessa on syytä pitää suunnittelun aikana erillisiä ToVa-kokouksia. Rakentamisen aikana ToVa-toimintaa käsitellään pääasiassa työmaakokouksissa, mutta vaativimmissa hankkeissa ToVa-katselmukset ja kokoukset voivat olla perusteltuja. (Pietiläinen ym. 2007.)

4 SISÄILMARAKENNUTTAMINEN HANKEVAIHEITTAIN

4.1 Tarveselvitys

Tarveselvitys laaditaan perustelemaan tilanhankinta. Tilanhankinnan taustalla on rakennuksen omistajalle tai käyttäjälle syntynyt tilantarve. Tarveselvityksen tarkoituksena on alustavasti kuvata tarvittavia tiloja ja niiltä vaadittavia ominaisuuksia, kustannuksia sekä vaihtoehtoisia ratkaisuja tilantarpeen tyydyttämiseksi. Rakennuttaja laatii tarveselvityksen rakennuksen omistajan tai käyttäjän toimeksiannolla. (RT 10-11107 2013; Kankainen & Junnonen 2004, 9, 16.)

Tarveselvityksen lähtötiedoiksi laaditaan hankkeen käynnistäneen organisaation toiminta- ja kiinteistöstrategiat. Strategisessa tarkastelussa kuvataan nykyisiä tiloja ja niiden soveltuvuutta sekä käyttäjien toimintaa. Tarkasteluissa tulee myös keskittyä arvioimaan mahdollisia tulevaisuudessa tapahtuvia muutoksia, jotta niihin voidaan varautua suunnitteluvaiheessa tilojen muunneltavuuden huomioimisella ja jättämällä laajennusvara järjestelmille (Pietiläinen ym. 2007). Lähtötietojen perusteella laaditaan tavoitteellinen kuvaus, jossa esitetään omistajan ja käyttäjien tarpeet, jotka muodostavat tiloilta vaadittavat ominaisuudet. Omistajan tavoitteiden asettelu pohjautuu pääasiassa taloudellisiin ja juridisiin perustietoihin. Käyttäjän tavoitteet pohjautuvat omasta toiminnasta ja sen suunnittelusta. Nykyisten tilojen analysointia varten teetetään kuntoarvio ja tarvittaessa kuntotutkimus. (RT 10-11107 2013; Kankainen & Junnonen 2004, 16–17.)

Strategisten tarkastelujen lisäksi tarveselvityksen alussa hankitaan tarveselvityksen toteuttamiseen vaadittavat resurssit ja asiantuntijat. Maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL 132/1999 119. §) on määritelty rakennushankkeeseen ryhtyvälle asetettavat vaatimukset, että rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa toimitaan säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Tämän mukaisesti rakennuttavalla organisaatiolla on oltava riittävät edellytyksen hankkeen ohjaamisessa. Nämä pätevyysvaatimukset liittyvät lähtökohtaisesti hankesuunnitteluvaiheeseen. Tarveselvitysvaiheessa kuitenkin asetetaan hankkeen lopputuloksen kannalta niin oleellisia tavoitteita hankkeelle, että toimivuuden varmistamisen kannalta on suotavaa kasata pätevä rakennuttajaorganisaatio mahdollisimman varhaisessa vaiheessa hanketta. Hankkeen alkuvaiheessa voidaan tehokkaimmin vaikuttaa lopputuloksen laatuun, elinkaarikustannuksiin kuten myös toimi-

vuoden varmistamiseen. Ongelmatilanteiden muodostumista ennaltaehkäisevien toimenpiteiden tekeminen vähentää myöhemmässä vaiheessa muodostuvia korjaustarpeita. Toimivuuden varmistamisen suunnittelu ja menettelyt on siis syytä aloittaa jo tarveselvitysvaiheessa. (Pietiläinen ym. 2007.)

Rakennushankkeen tavoitteena on, että rakennuksesta tulee sen käyttötarpeita vastaava. Tilaaja ja käyttäjä kokevat rakennuksen toimivuuden vasta käyttöönottovaiheessa. Tästä syystä toimivuuden varmistusprosessissa on keskeistä tarpeiden täsmällinen määrittely, jotta haluttu lopputulos voidaan saavuttaa. Tilaaja tai käyttäjät eivät välttämättä osaa tai ehdi määritellä tarpeitaan riittävän perusteellisesti. Rakennuttajan tai nimitetyn toimivuudesta vastaavan henkilön ensimmäisiä tehtäviä on varmistaa, että tilojen toimivuus ja siihen sisältyen sisäilmastotavoitteet ovat hankkeessa oleellisesti mukana. Toimivuuden varmistamisen tehtäviin kuuluu tarveselvitysvaiheessa tarkistaa tilaajan asettamat vaatimukset, kartoittaa ja tarkentaa käyttäjien tarpeet mahdollisimman kattavasti sekä selvittää mahdolliset ristiriitaisuudet. Tavoitteiden täsmentäminen on perusta sopimuksille ja samalla parantaa kustannusten arvioinnin tarkkuutta. Tavoitteet luovat pohjan suunnittelukriteereille, kuten myös laatutasolle, joten ne kirjataan ylös ja niitä kuljetetaan mukana koko hankkeen ajan. (Pietiläinen ym. 2007.)

Tavoitteisiin kirjataan vaatimukset rakennukselle sekä sen tiloille ja käytölle. Rakennukselle asetettavia tavoitteita voidaan asettaa ympäristölle, esteettömyydelle, tietoliikennepalveluille, turvallisuudelle ja käyttökustannuksille. Käytön aikaisen toimivuuden varmistamiseksi on myös syytä huomioida tavoitteiden määrittäminen rakennuksen järjestelmien ylläpidolle ja huoltamiselle. Rakennuksen ulkopuoliset vaatimukset voivat olla mm. esteettisiä, imagollisia tai liittyä tavoitettavuuteen. Tavoitavuudesta esimerkkeinä ovat liikenneyhteydet sekä etäisyydet, kuten palvelujen läheisyys. Vaadittavat tilojen ominaisuudet liittyvät mm. tilojen varustukseen, muunneltavuuteen, kokoon ja lukumäärään. Lisäksi tilojen vaatimuksiin asetetaan sisäilmastotavoitteet ja niiden seurannalle ja todentamiselle tavoitteet. Rakennukselle asetettujen vaatimusten lisäksi määritellään hankkeen kululle tavoitteet, kuten aikataulu ja budjetti. (Pietiläinen ym. 2007.)

Tavoitteiden toteuttamiseksi laaditaan toimintavaihtoehtoja, joita analysoidaan niille asetettujen laadullisten ominaisuuksien, laajuuden, kustannusten ja aikataulun perusteella. Eri tilojen hankinnan vaihtoehtoja arvioidaan omistajan ja käyttäjän tavoitteiden sekä selvitettyjen tietojen perusteella. Tilanhankintavaihtoehtona voi olla rakentamisvaihtoehto, jossa rakennetaan kokonaan uusi rakennus tai käytettävissä olevaa rakennusta muute-

taan tai korjataan. Vaihtoehtoisia tilanhankinnan keinoja ovat mm. tilojen osto tai vuokraus. Rakentamismahdollisuuksia varten selvitetään vaihtoehdot rakennuspaikalle ja arvioidaan niiden ominaisuuksia, kuten mm. sijainti ja alueen kaavoituksen rajoitteet. (Pietiläinen ym. 2007; Kankainen & Junnonen 2004, 9.)

Kaikki selvitykset kasataan tarveselvitykseksi, joka hyväksytetään tilaajalla. Tarveselvityksen pohjalta rakennuttaja laatii hankepäätösesityksen, johon on laadittu analyysit hankkeen riskeistä, suhdanteista, lupaedellytyksistä ja tarvittaessa ympäristövaikutuksista. Rakennushanke käynnistyy, mikäli tilaaja tekee hankepäätöksen. (RT 10-11107 2013; Kankainen & Junnonen 2004, 9.)

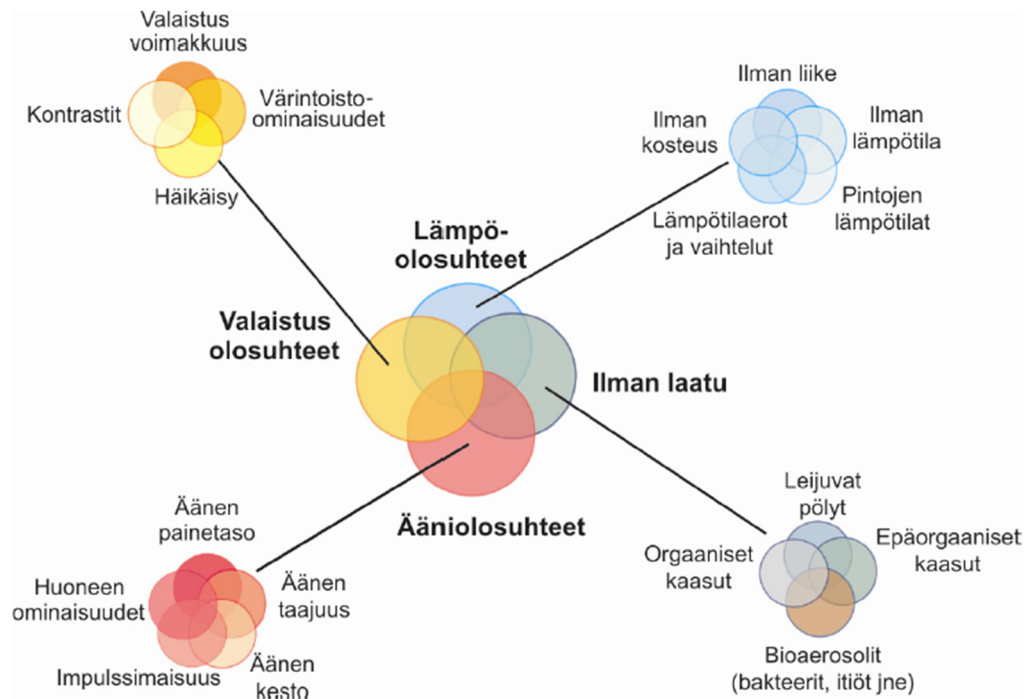
4.2 Hankesuunnittelu

Tilaajan hankepäätös käynnistää hankesuunnitteluvaiheen. Hankesuunnitteluvaiheessa laaditaan hankkeelle tarkat kuvaukset hankkeen laadusta ja laajuudesta. Näiden lisäksi selvitetään hankkeen perustiedot ja tarpeiden määritykset. Selvityksistä ja määrityksistä laaditaan hankkeelle täsmennetyt kriteerit aikataulusta, toimivuudesta, riskeistä, kustannuksista sekä käyttövaiheen ylläpidosta. Kriteerien perusteella saadaan tilaajalle investoinnin päätöksentekoa varten tarvittavat tiedot sekä rakennussuunnittelun ohjeistukset. (Kankainen & Junnonen 2004, 20.)

Hankesuunnitteluvaiheen alussa täsmennetään tarveselvityksessä esitetyt hankkeen lopputulokselle asetetut tavoitteet, joiden pohjalta arvioidaan hankkeen toteuttamismahdollisuudet. Toteuttamismahdollisuuksien arvioinnin lähtökohdaksi laaditaan selvitykset rakentamispaikan toiminnallisista, juridisista ja teknisistä ominaisuuksista. Selvityksiä tehdään lupamenettelyistä, kunnastekniikasta, tontin ominaisuuksista, haitallisista aineista sekä rakennuspaikan pohjaolosuhteiden rakentamiskelpoisuudesta. Toimivuuden varmistamiseksi arvioidaan rakennuspaikan ominaisuuksia myös sisäilmaston näkökulmasta. Rakennuspaikan arvioinnissa on otetta huomioon sijainnista aiheutuvat vaikutukset, kuten maaperän radonpitoisuudet ja mahdollinen pohjavesi, sekä ilmaston vaikutukset, kuten tuulen suunnat, varjostukset ja auringonsäteily. Myös rakennuspaikan ulkopuoliset tekijät, kuten melu, kasvillisuus ja huono ulkoilman laatu, vaikuttavat sisäilmaan. Korjauskohteessa teetetään kuntotutkimukset, mikäli niitä ei tarveselvitysvaiheessa ole tehty. Etenkin sisäilmaongelmaisessa korjauskohteessa perusteellisen kuntotutkimuksen tekeminen on perusteltua, sillä se toimii pohjana korjausten laajuuden ja tarvittavien toimenpiteiden määrittelylle. Rakennuspaikan selvitysten pohjalta valitaan

hankkeelle soveltuvin rakennuspaikka ja aloitetaan tarpeelliset lupa- ja viranomaistoimet. (MRL 132/1999 49 §; RT 10-11107 2013; Pietiläinen ym. 2007.)

Toimivuuden varmistusprosessin tehtäviin kuuluu hankkeen sisäilmastotavoitteiden asettaminen. Sisäilmasto muodostuu Sisäilmayhdistys ry:n (2017) määrittelyn mukaan ”sisäilmasta ja siihen vaikuttavista fysikaalisista tekijöistä”. Kuvassa 1 on esitetty sisäilmaston osa-alueet, joiden vaikutuksista sisäilmasto koostuu.



Kuva 1. Sisäilmaston osa-alueet (Pietiläinen ym. 2007).

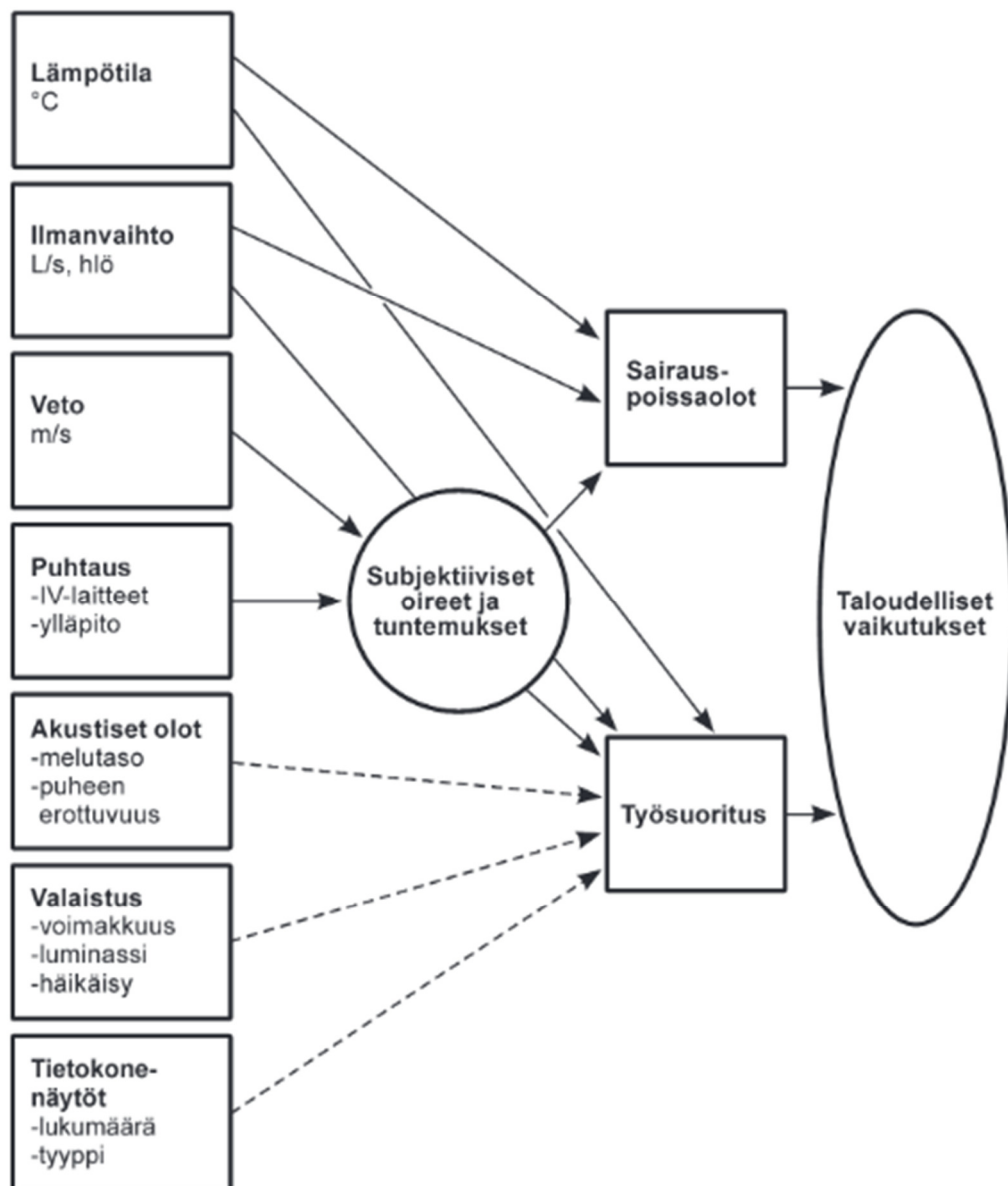
Näille sisäilmaston osa-alueille asetetaan numeeriset tavoitearvot, joita voidaan verrata lopputuloksen toteutuneisiin arvioihin. Tavoitearvot määritellään rakennukselle tilakohtaisesti. Tavoitteiden mukaisiin sisäilmasto-olosuhteisiin pääsemiseen vaikuttavia osatekijöitä todennetaan mittauksilla ja tutkimuksilla koko hankkeen ajan. Rakennuksen kiinteistönhoito-organisaation liittäminen hankkeeseen on myös perusteltua, sillä toimivuuden varmistamista tulee tehdä säännöllisesti myös käytön aikana. Sisäilmaston tavoitearvot kirjataan hankesopimuksiin ja olosuhteiden pysymisen kannalta on myös syytä kirjata ne rakennuksen huolto- ja ylläpitosopimuksiin. Rakennuttajan tehtävänä on huolehtia, että sisäilmaston tavoitteet ovat selvästi kirjattuna sekä että ne ovat tiedossa kaikilla suunnitteluun osallistuvilla henkilöillä. Sisäilmastolle asetettavat tavoitearvoja voi-

daan valita Sisäilmastoluokitus 2008 -asiakirjassa esitettyjen sisäilmastoluokitusten tavoitearvojen pohjalta tai niitä soveltaen. Sisäilmaston laadun arviointiin soveltuvia määritettäviä tavoitearvoja ovat mm.

- ilman epäpuhtauspitoisuudet, kuten radon- ja hiilidioksidipitoisuudet
- ilman nopeus
- huoneiden ja pintojen lämpötilat
- ääniolosuhteet, kuten taloteknisten järjestelmien äänitasot, ilmaääneneristys
- valaistusvoimakkuus
- ilmamäärät. (RT 07-10946 2009; Pietiläinen ym. 2007.)

Todentamismenetelmät ja -ajankohdat tulee myös olla kirjattuna tavoitteisiin ja sopimukseen. Haluttujen sisäilmasto-olosuhteita voidaan arvioida esimerkiksi mallinnuksilla, simuloinneilla ja laadituilla laskelmilla. Todentamista suoritetaan myös tarkastamalla, että esimerkiksi ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät on mitoitettu tavoitearvojen saavuttamista tukeviksi. Tärkeää on myös suunnitelmia tarkasteltaessa varmistaa, että suunnitelmissa ja työselostuksissa on esitetty konkreettiset toimenpiteet, joilla vältetään riskirakenteiden syntyminen. Todentamismenetelmiä rakentamisen aikana on suorittaa mittauksia ja kokeita rakenteista sekä toimintakokeita järjestelmistä. Käytön aikana todentamista voidaan suorittaa tiloihin tai järjestelmiin asetettuiden mittalaitteiden avulla, mittauksilla, ylläpito-organisaation laatimien huoltoasiakirjojen tarkastelulla sekä käyttäjien palautteella. (RT 07-10946 2009; Pietiläinen ym. 2007.)

Rakennuttajan on huomioitava myös, että sisäilmastotavoitteiden toteuttamisen rajavana tekijänä on usein omistajan taloudelliset tavoitteet, kuten investointikustannusten kasvaminen. Sisäilmastoon keskittyvä toimivuuden varmistamisesta aiheuttaa lisäkustannuksia, joiden hyödyt nähdään vasta käytön aikana. Hyvän sisäilmaston taloudelliset hyödyt ja takaisinmaksaminen eivät myöskään ole välttämättä helposti todennettavissa omistajalle hankinta- tai investointipäätöstä tehtäessä. Taloudelliset vaikutukset muodostuvat mm. työn tehokkuuteen vaikuttamisena, kuten kuvassa 2 on havainnollistettu. (Pietiläinen ym. 2007.)



Kuva 2. Sisäilmaston työn tehokkuuteen aiheuttamia taloudellisia vaikutukset (Seppänen 2005).

Kuvan 2 mukaisesti sisäilmasto-olosuhteet vaikuttavat työsuoritukseen, kuten mm. valaistus- ja ääniolosuhteet vaikuttavat tiloissa työskentelevien keskittymiseen. Kajaala M.-n (2006) mukaan puolestaan alle 21 °C:n tai yli 25 °C:n lämpötilat vaikuttavat heikentävästi työsuorituksen tehokkuuteen. Hyvät sisäilmasto-olosuhteet vaikuttavat myös rakennuksen arvoon. Viihtyisät tilat johtavat vuokralaisten tyytyväisyyteen, joka johtaa vuokrattavuuden parantumiseen ja siten vuokrien nostamiseen. Huonot sisäilmaolosuhteet vaikuttavat päinvastaisesti työntehokkuuden heikkenemiseen mm. sairaspöissaolujen ja henkilöstön vaihtumisen kautta. (Pietiläinen ym. 2007; Seppänen 2005.)

Hyvän sisäilmaston saavuttamisen haasteena on myös lukuisien muuttujien vaikuttaminen sisäilmasto-olosuhteisiin, minkä seurauksena hyvän sisäilmaston toteuttaminen energiatehokkaasti on haasteellista. Rakennuksen järjestelmien vaikutuksia sisäilmasto-olosuhteisiin ja energiatehokkuuteen on kuvattu taulukossa 1.

Sisäolosuhteet ja energiatehokkuus						
Rakennuksen järjestelmät	Lämpöolosuhteet	Sisäilman laatu	Valaistusolosuhteet	Äänolosuhteet	Käyttövesi	
Rakennus ja tilat: laajuus ja ratkaisut	SE	SE	SE	S		
Vaippa	SE	SE	SE	S		
Ilmastointi ja jäähdytys	SE	SE		S		
Lämmitysjärjestelmä	SE	S			E	
Vesi- ja viemärijärjestelmät	E	S		S	SE	
Sähkönjakelujärjestelmä			SE			
Valaistusjärjestelmä	SE		SE			
Automaatiojärjestelmä	SE	S	SE		SE	
S , S = vaikutus sisäolosuhteisiin (punainen vahva) E , E = vaikutus energiatehokkuuteen (punainen vahva)						

Taulukko 1. Sisäilmaston ja energiatehokkuuden keskinäiset vaikutukset (Pietiläinen ym. 2007).

Energiatehokkuuden kärsiminen vaikuttaa puolestaan elinkaarikustannuksiin, mikä osaltaan voi vaikuttaa omistajan päätöksentekoon (Pietiläinen ym. 2007).

Tavoitteissa pysyminen asettaa suunnittelulle ja ohjaukselle haasteellisuutta. Täten hankkeen sisäilmastotavoitteita asetettaessa on perusteltua, että suunnittelijat ovat mukana arvojen määrittelyssä. Tiloilta vaadittavat erikoisvaatimukset, kuten tarvittava tekniikka, pinta-ala ja kalustus, sekä sisäilmastoon liittyvät tavoitteet tarkennetaan alustavaksi tilaohjelmaksi. Tilaohjelma ja laaditut selvitykset ja määritelmät kirjataan hankesuunnitelman hankeohjelmaksi, joka toimii suunnittelun lähtötietona. Näiden pohjalta voidaan jo laatia alustavia kustannuslaskemia hankkeelle. (RT 07-10946 2009; Pietiläinen ym. 2007; Kankainen & Junnonen 2004, 20–21.)

Hankesuunnitelman projektiohjelmassa kuvataan hankkeen etenemisen tavoitteet ja niiden toteutustapa, johon kuuluu hankkeen tiedottamisen suunnittelu, raportointimenettelyjen määrittely, hankeaikataulun laadinta sekä riskienhallinta (RT 10-11107 2013). Projektiohjelman määrittelyt ovat toimivuuden varmistamisen kannalta keskeisessä roolissa.

Koko rakennushankkeen aikainen dokumentointi on yksi toimivuuden varmistamisen tärkeimmistä edellytyksistä. Riittävää dokumentointia tulee edellyttää kaikilta hankkeen osapuolilta. Hankkeen perusteellisella dokumentoinnilla luodaan edellytykset tavoitteissa pysymiselle, tehostetaan tiedonsiirtoa osapuolten välillä sekä tuotetaan tietoa käytön aikaiseen koulutukseen. Lisäksi perusteellisella dokumentoinnilla voidaan helpottaa mahdollisten myöhemmin ilmenevien korjaustarpeiden suunnittelua tai riitatilanteiden selvittelyä. Rakennuttaja tarkentaa projektiohjelman projektisuunnitelmaksi, mikäli suunnitteluvaiheeseen edetään. (Pietiläinen ym. 2007.)

Julkisissa hankkeissa tulee hankkeen eri vaiheissa huomioida hankintalaissa määritellyt erityistehtävät julkisille hankinnoille. Erityistehtäviin kuuluu mm. tarvittavat ilmoitukset kynnysarvojen ylittävästä hankinnasta sekä ehdokkaiden soveltuvuuden ja tarjouskilpailun tiedoksiannon varmistamisesta. (Hankintalaki 1397/2016.)

Hankesuunnittelun lopputuloksena on tilaajan hyväksymä hankesuunnitelma. Laadituista selvityksistä rakennuttaja kokoaa tilaajalle esitettäväksi investointipäätösesityksen. Sisäilmatavoitteiden, kuten muidenkin hankesuunnittelun lähtötietoina olevien tavoitteiden, toteuttamisen rajaavana tekijänä on usein taloudelliset vaatimukset. Tätä varten tilaajan investointipäätöstä edesauttamaan laaditaan hankkeen taloudelliset laskelmat ja niiden pohjalta kannattavuusanalyysi. Mikäli tilaaja tekee investointipäätöksen, käynnistetään rakennussuunnitteluvaihe. (RT 10-11107 2013; Kankainen & Junnonen 2004, 20.)

4.3 Suunnittelun valmistelu

Suunnittelun valmistelussa kilpailutetaan ja valitaan hankkeelle sen vaativuusaste huomioon ottaen pätevät suunnittelijat. Rakennuttaja edellyttää ja valvoo, että työturvallisuuden tai työmaan vaikutuspiirissä olevien turvallisuuteen liittyvät seikat huomioidaan suunnittelussa. Turvallisesta toteutuksesta ja lopputuloksesta huolehtimiseksi hankkeelle laaditaan koko hankkeen ajan noudatettava turvallisuusasiakirja, jota tarvittaessa täydennetään. Turvallisuusasioista vastaavaksi rakennuttaja nimeää hankkeelle valtioneuvoston asetuksen rakennustyön turvallisuudesta (VNA 205/09 5 §) mukaisesti turvallisuuskoordinaattorin. Turvallisuuskoordinaattori huolehtii, että hankkeessa toimitaan vallitsevien turvallisuusmääräysten ja säännösten puitteissa. (RT 10-11107 2013.)

Rakennuttajan tehtävänä on huolehtia suunnittelijoiden kilpailutuksesta ja siihen liittyvien asiakirjojen laatimisesta. Rakennuttaja vertailee kilpailutuksen tulokset ja vastaa suunnittelijoiden valinnasta, tarvittavasta tiedottamisesta sekä sopimusten laatimisesta. Lisäksi rakennuttajan vastuulla on suunnittelun organisointi, jonka keskeisenä tehtävänä on suunnittelijoiden vastuiden ja tiedonannon määrittelyt. Suunnittelun toimeksiannon määrittelemiseksi tarkistetaan suunnittelulle asetetut tilakohtaisesti jaotellut tavoitteet ja talotekniikalle asetetut vaatimukset. Etenkin kosteudenhallinnan varmistamiseksi rakenteiden rakennusfysikaalinen toimivuus on keskeisessä roolissa, minkä takia suunnittelijoiden valinnassa on syytä asettaa rakennusfysikaalisen osaaminen kriteeriksi. Suunnittelutavoitteiden täsmällisyyden taso määrittelee laadittavien suunnitelmien käyttötarkoituksen mukaisuuden, sillä ne toimivat suunnittelijoille annettuina ohjeina. Tavoitteiden määrittely on toimivuuden varmistamisen kannalta keskeisessä roolissa, sillä sisäilmaolosuhteille suunnitteluvaihe on oleellisin hankevaihe. Tarjouspyyntöasiakirjoihin ja suunnittelusopimukseen määritellään suunnittelun ja rakentamisaikaiset toimivuuden varmistamiseksi käytettävät menettelyt. Rakennuksen käytön aikainen toimivuus ja sisäilmasto asetetaan ensisijaisiksi tavoitteiksi. (RT 10-11107 2013; Pietiläinen ym. 2007.)

Rakennukselle asetettujen vaatimusten mukaisien suunnitelmien laatimisesta vastaa vaksi valitaan hankkeelle pääsuunnittelija. Pääsuunnittelija huolehtii suunnitelmien yhteensovittamisesta toimivaksi kokonaisuudeksi, joka on laadullisesti ja laajuudeltaan riittävä. Pääsuunnittelijalla tulee olla maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL 132/1999 120 §) asetettujen vaatimusten mukaiset edellytykset tehtävän suorittamiseksi. Pääsuunnittelijan avustuksella rakennuttaja arvioi suunnittelun edellytyksiä hankesuunnitteluvaiheessa asetettujen suunnittelutavoitteiden pohjalta ja vertaa niitä suunnitteluun asetettuihin resursseihin ja lähtötietoihin. Arvioinnissa keskeistä on lähtötietojen riittävyyden analysointi sekä, että hankkeen suunnittelulle on varattu riittävästi aikaa. (RT 10-11107 2013.)

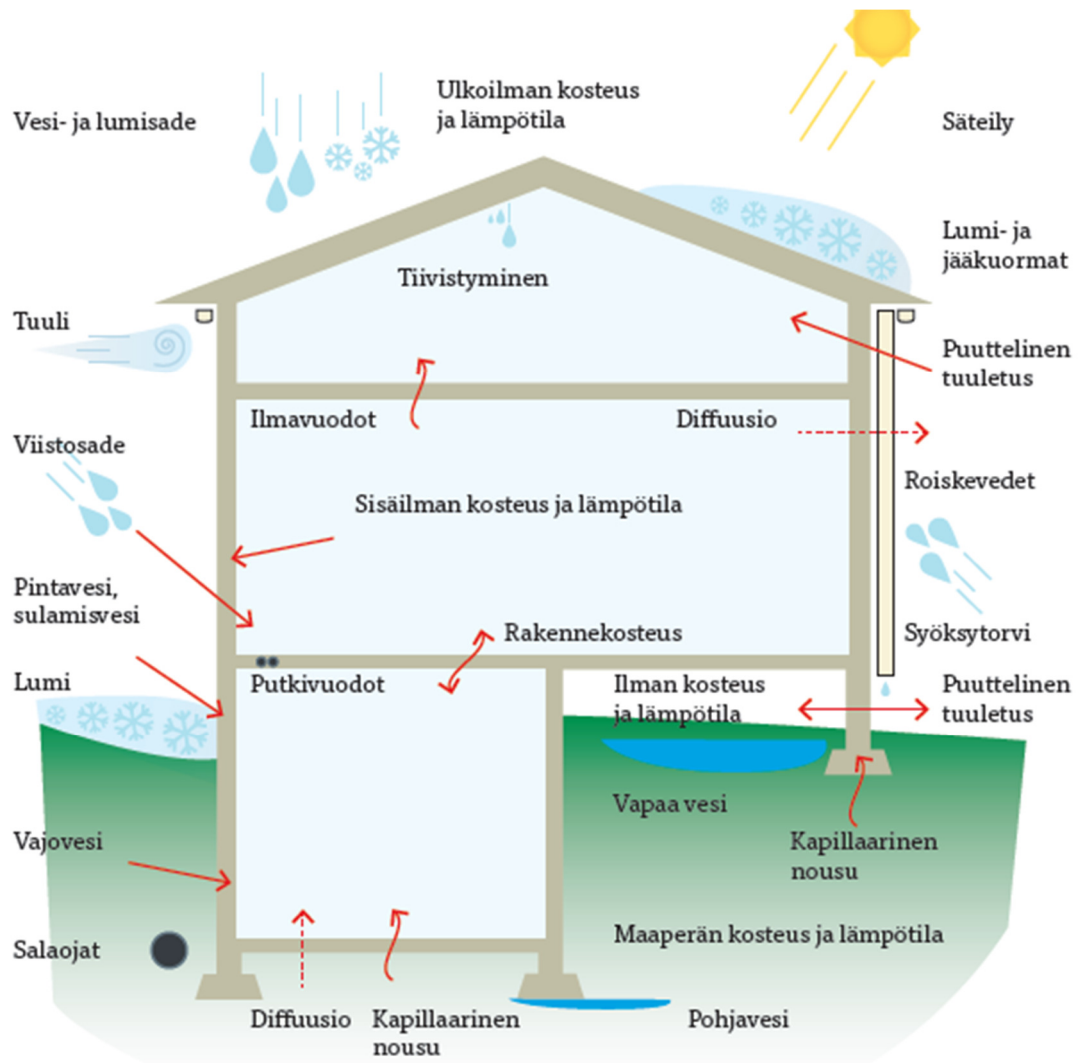
4.4 Suunnittelun ohjaus

Sisäilmaston suunnittelussa keskeistä on yhteensovittaa rakennuksen eri taloteknisten järjestelmät toimivaksi yhtenäiseksi järjestelmäksi. Talotekniset järjestelmät vaikuttavat sisäolosuhteiden kannalta oleellisesti toisiinsa. Näiden vuorovaikutusten lisäksi tulee huomioida rakenteiden ominaisuudet, kuten rakenteiden lämmön- ja kosteudeneristys, vedenpoistot, kosteustekninen toimivuus, tuulettuminen, ilmanpitävyys sekä akustiset ja

termiset ominaisuudet. Toimivuuden varmistamiseksi tulisi tarkastella rakennusta kokonaisuutena, johon kuuluvat eri järjestelmät integroidaan toimimaan halutulla tavalla. Suunnitteluvaiheessa valitaan toimivat ratkaisut, joilla tavoitellut tilat ja niiden ominaisuudet saadaan toteutumaan käytännössä. Sisäolosuhteisiin vaikuttaviin tekijöihin ja riskeihin kiinnitetään erityistä huomioita. Hyvään sisäilmaston laatuun pääsemisen haasteena on lukuisien tekijöiden vaikuttaminen sisäolosuhteisiin. Hyvä sisäilmasto edellyttää, että tavoitteiden mukaisiin olosuhteisiin päästään kaikissa normaaleissa sääolosuhteissa. Rakennuttajan tehtäviin kuuluu edesauttaa, että tavoitteisiin johtavat ratkaisut löytyvät ja että ne voidaan toteuttaa asetettujen kustannustavoitteiden mukaisesti. (Pietiläinen ym. 2007.)

Rakennuttaja varmistaa, että sisäilmastotavoitteet tulevat selväksi kaikille suunnittelijoille. Rakennuttajan tulee myös edellyttää suunnittelijoita puhtauden- ja kosteudenhallinnan periaatteiden sisältämistä suunnitelmiin sekä työselostuksiin. Puhtaudenhallintaa liittyen tilojen ja niiden kalustuksen suunnittelulla vaikutetaan käytön aikaiseen tilojen siivoamiseen. Puhtaudenhallinnan kannalta esimerkiksi kalusteiden suunnittelussa tulisi suosia sokkelittomia tai pyörällisiä kalusteita, jotta niiden ala- ja takapuoliset pinnat ovat helposti puhdistettavissa. Puhtaudenhallinnallisesti myös ylätasojen muodostumista tulisi välttää yläpölyjen kerääntymisen takia. Tähän vaihtoehtona on myös vinojen luiskien rakentaminen ylätasolle, mikä estää pölyn kerääntymistä. (RT 07-10946 2009; RT 91-10970 2009; Pietiläinen ym. 2007.)

Kosteudenhallinta on rakennuksen sisäilmaston kannalta erittäin tärkeässä roolissa. Maankäyttö ja rakennuslain (MRL 132/1999 117 c §) mukaan rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei rakennuksesta aiheudu käyttäjien terveydelle haittaa mm. kosteuden vuoksi. Kosteusvaurioista voi aiheutua rakenteiden heikentymisen lisäksi sisäilmaan kulkeutuvien epäpuhtauksien johdosta terveyshaittoja (Kajaala 2006). Kuvassa 3 on esitetty rakennuksen kosteuskuormituksia, jotka suunnittelussa tulee huomioida.



Kuva 3. Rakennuksen kosteusrasituksia (Sisäilmaopas 2011).

Suunnitelmissa kosteudenhallinnan toimenpiteet liittyvät rakenteiden suunnitteluun siten, ettei rakenneratkaisuissa ole vettä kerääviä rakenteita sekä, että mahdollinen rakenteisiin pääsevä kosteus saadaan poistettua. Rakennekosteuden poistaminen voidaan suunnitelmissa ratkaista mm. johdattamalla vesi rakenteesta vedenpoistorei'illä ja varmistamalla rakenteiden riittävä tuuletus. Kosteudenhallintaan kuuluu myös veden jäätymisriskien huomiointi. Kosteudenhallintaan kuuluu rakennuksen vedenpoiston huomioimisen lisäksi mm. pintarakenteiden suunnittelu kosteusteknisesti toimivalla ja kestäväällä tavalla. Suunnittelijoiden tulee määritellä työselostukseen materiaalien kosteusteknisille ominaisuuksille tarkat kriteerit. Hankesopimukseen tulee kirjata urakoitsijan ja materiaali-toimittajan vastuut poikkeavien rakennusmateriaalien vaatimustenmukaisuuden ja yhteensopivuuden todentamisesta. Materiaali- ja laitevaihtoja tarkastellaan kriittisesti ja

mahdolliset vaihdot dokumentoidaan. Suunnittelijan tulee materiaalien valinnassa arvioida myös niiden asennukseen liittyviä riskejä ja niiden ennaltaehkäisyä. (Pietiläinen ym. 2007; Teriö 2003.)

Suunnittelussa tulee huomioida lähtötiedoissa esitetyt sisäilmaston laatuun vaikuttavat rakennuksen sisäpuoliset ja ulkopuoliset kuormitustekijät sekä niiden vaihtelut. Sisäisiin tekijöihin kuuluu käyttäjien toimintastrategiasta tarkennetut tilojen henkilömäärät sekä alustavassa tilaohjelmassa määritellyt tiloihin asetettavat koneet ja laitteet. Henkilömäärät vaikuttavat tilojen hiilidioksidipitoisuuksiin ja siten ilmanvaihdon tarpeeseen. Henkilömäärillä on myös, koneet ja laitteet mukaan lukien, vaikutusta tilojen lämpöoloihin ja akustisiin vaatimuksiin. Ulkoisiin tekijöihin kuuluvat rakennuspaikan ja muun ulkopuolisen toiminnan asettamat vaatimukset. Näitä vaatimuksia muodostuu mm. ilmastosta, ulkoilman laadusta, melusta ja muista ympäristötekijöistä. (RakMk D2 2003.)

Haluttuihin sisäilmasto-olosuhteeseen pääsemisen käyttökustannuksia nostamatta vaatii suunnittelijoiden tiivistä yhteystyötä ja suunnitelmien yhteensovittamista. Rakennuttajan tehtävänä on johtaa suunnitteluvaihetta ja siten varmistaa tavoitteiden mukaisten suunnitelmien valmistuminen. Rakennuttaja järjestää ja johtaa suunnittelukokoukset, arvioi suunnitelmien kehitystarpeita sekä hyväksyy suunnitelmat ja niihin mahdollisesti tulleet muutosehdotukset tilaajalla. Lisäksi rakennuttajan velvollisuuksiin kuuluu varmistaa, että pääsuunnittelija toteuttaa häneltä vaadittavat tehtävät ja täten suunnitelmista tulee ristiriidattomia ja tarkoituksenmukaisia. Suunnitelmien yhteensovittamisessa tulee arkkitehtuurisissa, teknisissä ja toiminnallisissa ratkaisuisa huolehtia niiden yhteisvaikutuksesta muiden järjestelmien kanssa. Erityisesti korjausrakentamisessa järjestelmien integraatio vanhan rakennuksen kanssa on tutkittava perusteellisesti, jotta lopputuloksesta saadaan toimiva kokonaisuus. Käyttökustannustenkin kannalta halutut sisäilmaolosuhteet pyritään muodostamaan käyttäen rakenteellisia ratkaisuja. Esimerkiksi tilojen liiallisen lämpenemisen torjuminen toteutetaan ennemmin aurinkosuojilla kuin koneellista jäähdytystä tehostamalla. Toisena esimerkkinä rakennusmateriaalien tulee lähtökohtaisesti olla vähäpäästöisiä, jotta materiaaleista sisäilmaan pääseviä epäpuhtauksia ei tarvitse huuhdella ilmanvaihtoa tehostamalla. Rakennusmateriaalien ominaisuudet tulee myös tukea sisäilmaolosuhteiden tavoitteita, kuten pintarakenteita valittaessa huomioidaan tilojen akustiset ja valaistuksen vaatimukset tarkastelemalla materiaalien jälkikaiunta-aikoja sekä heijastamissuhteita. Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden arvioinnissa määrävänä tekijänä on ilmanvaihdon riittävyys määriteltyjen ilmanpaine-erojen

puitteissa. Paine-erojen aiheuttavat ilmavirtaukset pyritään säätämään siten, ettei sisäilman laadulta heikoimmasta tilasta ajaudu epäpuhtauksia laadullisesti parempaan päin. Tähän vaikuttavana tekijänä on myös rakenteiden ilmanpitävyysominaisuudet. Rakennuttaja varmistaa, että suunnittelijat kirjaavat kaikki haluttuun sisäilmaston laatuun pääsemiseen tarvittavat menettelyt laatimiinsa suunnitelmiin. (RT 10-11107 2013; RT 07-10946 2009; Pietiläinen ym. 2007.)

Ensimmäisenä suunnittelun vaiheena on ehdotussuunnittelu, jossa hankkeelle laaditaan tavoitteenmukaisia yleispäteviä ratkaisuja. Ehdotussuunnitelmissa esitetään erilaisia toimintamalleja, joihin kuuluu uudisrakentamisessa mm. maankäytön suunnittelu. Vaihtoehtoisia toimintamalleja vertaillaan niiden toimivuuden, kustannusten ja soveltuvuuden perusteella. Joissakin hankkeissa ehdotussuunnittelu sisältyy hankkeen aikaisempiin vaiheisiin, kuten mahdolliseen tehtyyn ennakkosuunnitteluun hankesuunnittelun aikana tai suunnittelijoita valitessa suunnittelukilpailulla. (Kankainen & Junnonen 2004, 38–39.)

Ehdotussuunnitelmia täsmennetään yleissuunnitteluvaiheessa, jossa kuvataan myös erityissuunnittelijoiden laatimat vaihtoehtoiset tekniset ja järjestelmälliset ratkaisut. Myöhemmän muutostarpeen estämiseksi suunnittelun ohjauksessa huomioidaan talotekniikan varaukset tiloissa ja reitityksissä. Sisäilmaston tavoitearvojen toleranssit määritellään ja sovitaan mahdollisten poikkeavuuksien ilmetessä tehtävät toimenpiteet. Toimivuuden varmistamiseksi on myös keskeistä kuulla käyttäjien mielipiteet suunnitteluratkaisuista, jotta voidaan varmistua suunnittelutavoitteiden täyttymisestä. Yleissuunnittelun lopputuloksena saadaan hankkeelle toteuttamiskelpoinen yleissuunnitelma, joita voidaan tehdä useampia. Yleissuunnitteluvaihe päätetään rakennuslupatehtäviin. Ennen rakennuslupahakemuksen jättämistä suunnitelmat esitellään rakennuttajan järjestämässä suunnittelukatselmuksessa tilaajalle, joka arvioi suunnitelmien tavoitteidenmukaisuutta. Tilaaja valitsee jatkosuunnitteluun parhaiten soveltuvimman ratkaisun. Rakennuslupahakemukseen liitetään hankkeen pääsuunnitelmat, todistukset suunnittelijoiden pätevyysvaatimuksien täyttymisestä, selvitys rakennuspaikan perustamis- ja pohjaolosuhteista, naapurien kuulemislomakkeet ja muut tarvittavat asiakirjat. (RT 10-11107 2013; Kankainen & Junnonen 2004, 37–38.)

Yleissuunnittelusta siirrytään toteutussuunnitteluun, jonka tavoitteena on ennaltaehkäistä toteutusvaiheen virheitä ja puutteita, jotka johtaisivat lisä- ja muutostöihin tai myöhempiin korjaustarpeisiin. Toteutussuunnitteluvaiheessa laaditaan hankkeen toteutusta varten työpiirustukset ja suunnitelmat, joilla hankkeen urakkatarjoukset voidaan laskea

(Kankainen & Junnonen 2004, 38). Toimivuuden varmistamisen toimiin kuuluu toteutus-suunnittelussa määritellä sisäolosuhteiden seurannan keinot, joilla sisäilmastoa voidaan numeerisesti arvioida. Sisäilmaston mittareiden tulee olla riittävästi ja oleellisilla paikoilla (Pietiläinen ym. 2007).

4.5 Rakentamisen valmistelu

Rakentamisen valmistelussa kilpailutetaan ja valitaan rakennustyön toteuttaja. Rakennuttava organisaatio voi toteuttaa hankkeen omilla resursseillaan tai työ tilataan rakennusurakoitsijalta. Urakoitsijamenettelyä käytettäessä tulee päättää hankkeelle sopiva urakkamuoto, joka määrittää ehdot urakoitsijan kanssa toimimiseen. Urakkamuoto vaikuttaa myös vaatimukseen toteutussuunnitelmien valmiusasteelle. Toimivuuden varmistaminen rakentamisvaiheessa keskittyy laadittujen suunnitelmien toteutumisen varmistamiseen. Rakentamisen valmistelussa on keskeistä laatia urakkatarjouspyyntöasiakirjat ja urakkasopimus, joihin sisällytetään toimivuuden varmistamisen toimintamenetelmät ja vaatimukset. Rakennuttajan tehtäviin kuuluu urakoitsijoiden kilpailuttaminen sekä siihen tarvittavien asiakirjojen laatiminen. Tarjouspyyntöasiakirjoihin kuuluvat kaikki hankkeen toteutukseen oleellisesti kuuluvat asiakirjat, kuten mm. sisäilmaston kannalta erittäin oleellinen urakkarajaliite, joissa kuvataan hankkeen erityisvaatimukset huomioon ottaen toteutuksen sisältö, vaatimukset ja toteuttajan vastuut. Täsmällisillä tarjouspyyntöasiakirjoilla vältetään rakentamisaikaisilta lisä- ja muutostöiltä ja urakoitsija pystyy laskemaan urakkatarjouksensa tarkasti. Rakennuttajan tulee tarjousten vertailua tehdessään huomioida urakoitsijaehdokkaiden edellytyksiä vaadittavien työsuoritusten suorittamiseen. Tähän kuuluu varmistaa, että tarjoavalla yrityksellä on pätevä henkilöstö käytössään. Rakennuttaja johtaa tarvittavat urakkaneuvottelut, tekee tilaajalle ehdotuksen urakoitsijan valinnasta sekä laatii sopimukset. (RT 10-11107 2013; Pietiläinen ym. 2007; Kankainen & Junnonen 2004, 38, 44, 59.)

Hankesuunnitteluvaiheessa asetettujen sisäilmaston tavoitearvojen ja niistä aiheutuvien rakentamisen ja rakennustarvikkeiden puhtaus- ja päästöluokitusten noudattamisen lainlyönti on syytä sisältää urakoitsijan korvausvelvollisuuteen. Tavoitearvojen ja toimenpiteiden selkeä kirjaaminen helpottaa myös mahdollisen rakennuttajan ja urakoitsijan välisessä riitatilanteen selvittelyssä. Sisäilmastotavoitteet, kuten sisäilmastoluokka, ja niihin pääsemiseen vaadittavat toimintatavat voidaan määritellä laadittavassa puhtaudenhallinta-asiakirjassa. Tavoitetasot kirjataan myös urakkasopimukseen. Sisäilmastoluokan

lisäksi puhtaudenhallinta-asiakirjassa on mainittuna rakennustyön ja ilmanvaihdon puhtausluokka, rakennusmateriaalien päästöluokitus sekä, että ilmanvaihtotuotteet tulee olla puhtausluokiteltuja. Puhtaudenhallinnan lisäksi työmaalla tulee kiinnittää erityistä huomiota kosteudenhallintaan. Kosteudenhallinnasta laaditaan kosteudenhallinta-asiakirja, jonka noudattamista edellytetään työmaalla toimivilta henkilöiltä. Puhtauden- ja kosteudenhallinta-asiakirjojen pohjalta päätoteuttaja laatii ennen rakennustyön aloitusta rakennuttajan hyväksyttäväksi hankekohtaiset työmaasuunnitelmat kuivatuksista sekä kosteuden- ja puhtaudenhallinnasta. Kaikkia työmaasuunnitelma-asiakirjoja tulee tarvittaessa täydentää hankkeen edetessä. Puhtaudenhallintasuunnitelmassa päätoteuttaja esittää pölyn syntymisen ja leviämisen estämisen menetelmät. Kosteudenhallinta- ja kuivatussuunnitelmissa esitetään kosteudenhallinnan toimenpiteet, kuten sääsuojaukset, työmaaolosuhteiden hallinta, rakennusmateriaalien kastumisen estäminen ja varastointi, vedenpoisto, kuivatukset sekä kosteudenhallinnan riskikohdat ja aikataululliset asiat. Kuivatuksien aikataulusta laaditaan mahdollisimman tarkat arviot, jotka huomioidaan työmaa-aikataulussa. Kuivumisaika-arvioiden avulla pyritään estämään rakenteiden kuivumisesta aiheutuvia aikataulun myöhästymisiä sekä, ettei kireästä aikataulusta johtuen aiheuteta laadun alituksia riittämättömällä kuivatuksella. Tarjouspyyntövaiheessa on myös syytä sisällyttää päätoteuttajan velvollisuuksiin asettaa hankkeen vaativuus huomioiden kosteuden- ja puhtaudenhallinnasta vastaavat pätevät henkilöt. Lisäksi päätoteuttaja määrittelee työmaasuunnitelmissaan laadunvarmistustoimenpiteet, joihin kuuluvat suunnitelmien toteuttamisten seuranta, kouluttaminen, aikataulut, olosuhteiden seuranta sekä todentamismenetelmät. (RT 07-10946 2009; Pietiläinen ym. 2007; RT 07-10805 2003; Merikallio 2005.)

4.6 Rakentaminen

Rakentamisvaiheen tehtävänä on yksinkertaistettuna toteuttaa laaditut suunnitelmat sopimusten mukaisesti. Rakennuttajan tehtäviin kuuluu valvoa, että työ suoritetaan sille asetettujen laatu- ja turvallisuusvaatimusten mukaisesti. Rakennushankkeen työmaavalvontaa varten voidaan hankkia erilliset pätevät valvojat, jotka toimivat työmaalla rakennuttajan edustajina heille annettujen valtuuksien mukaisesti (Kankainen & Junnonen 2004, 61). Rakentamisen aikana toimivuuden varmistamisen tehtävät keskittyvät toteutuksen seurantaan ja dokumentointiin, joiden toteuttamisesta laaditaan tarvittavat ToVa-suunnitelmat. Näihin suunnitelmiin kuuluu esittää toimenpiteet, joilla voidaan varmistaa

rakentamisen aikana tavoitteidenmukainen toteutus ja niiden todentamiset. Ennen rakennustöiden aloitusta tarkastetaan urakoitsijoiden laatimat laatu- ja työmaasuunnitelmat, joita täsmennetään tarvittaessa. Laatusuunnitelmaan liitetään työmaa-aikaiseen kosteuden- ja puhtaudenhallintaan liittyvät toimenpiteet. Rakentamisen aikana keskeistä on myös huoltokirja-aineiston kerääminen. Rakennuttaja varmistaa, että hankkeen osapuolet laativat omalta osaltaan vaadittavat dokumentaatiot hankkeen aikana ja luovuttaa ne hankkeen lopuksi tilaajalle. Toimivuuden varmistamisesta vastaava laatii rakentamisen lopputulokseksi hankkeen ToVa-loppuraportin, johon on koottu suunnitelmien korjaukset asennustenmukaisiksi, toimintakokeiden ja muiden todentamisenmenettelyiden tulokset sekä käytön aikaiset toimintaohjeet toimivuuden varmistamiseksi. (RT 10-11107 2013; Pietiläinen ym. 2007.)

Rakennuttajan tehtäviin kuuluu varmistua, että urakoitsija toteuttaa rakennustyössä asetettujen sisäilmanlaadun tavoitteiden toteutumiseen vaadittavat toimenpiteet. Rakentamisen aikana suoritettavia mittauksia sisäilmastoon vaikuttavien seikkojen arviointiin on mm. lämpökamerakuvauksilla, akustiikkaolojen mittauksilla ja tiiveysmittauksilla ilmanvaihtokanavistosta, vesieristyksistä ja rakenneliitoksista. Em. mittausten tuloksia verrataan urakkasopimuksiin merkittyihin tavoitearvoihin. Rakentamisaikaisen puhtaudenhallinnan varmistamiseksi voidaan suorittaa myös työmaan pintapölykertymän tutkimuksia aistinvaraisesti tai mittauksin esim. geeliteippimenetelmällä. Ennen toimintakokeiden aloitusta todennetaan mittauksilla, että ilmanvaihtokanavat ovat niille asetettujen vaatimusten mukaisesti puhtaita. Todennus suoritetaan arvioimalla kanavien pölykertymä, joka ei saa ylittää P1-puhtausluokassa $0,7 \text{ g/m}^2$ arvoa. Hyvään sisäilmaan pääseminen edellyttää myös ilmanvaihtotuotteiden olemista puhtausluokiteltuja sekä rakennusmateriaalien olevan vähäpäästöisiä. Rakennusmateriaalien vähäpäästöisyys vähentää ilmanvaihdon tarvetta, joten hyvää sisäilmaa ja samalla energiatehokkuutta tavoiteltaessa käytetään lähinnä vain M1-päästöluokan materiaaleja. (RT 07-10946 2009; Pietiläinen ym. 2007, 100; RT 07-10832 2004.)

Sisäilmastoluokitus 2008 -asiakirjan mukaisesti S1- tai S2-sisäilmastoluokkiin pääsemiseksi vaaditaan rakennustöiden ja ilmanvaihdon puhtausluokaksi P1-puhtausluokka. P1-puhtausluokan rakennustyön tavoitteena on, ettei rakennusaikaista pölyä esiinny sisäilmassa käytön aikana. Tämä edellyttää, että luovutettavat tilat on puhdistettu ja pölyävät työt on tehty ennen kuin poistetaan suojaukset ilmanvaihdon päätelaitteista. Korjausrakentamisessa työmaa-alueen viereiset tilat tulee olla käytettävissä, mikä edellyttää työn alla olevien tilojen osastointia sekä alipaineistamista. P1-luokan rakentamisessa

ympäristöön, viereisiin rakennuksiin tai lähialueilla toimiville ei saa aiheutua pölyhaittoja. Pölyn leviämistä estetään mm. työmaa-alueen osastoinnilla, alipaineistuksella, työvälitien kohdepoistolla, päivittäisellä siivouksella ja maanrakennustöissä maa-aineksien sitomisella kastelemalla. Pölyn hallitsemiseksi työmaasuunnittelulla on keskeinen rooli. Esimerkiksi P1-luokassa kulkutiet tulee suunnitella siten, ettei puhtaita tiloja liata työmaakulun aikana. Työn aikana pyritään myös käyttämään vähän pölyäviä tai pölyttömiä työmenetelmiä. Paljon pölyäville töille, kuten sahauksille, tulisi määritellä oma tilansa, jota siivotaan päivittäin. (RT 07-10946 2009.)

Rakennustyön aikana kiinnitetään erityistä huomioita rakennusmateriaalien kuivana pysymiseen ja puhtaana pitämiseen kuljetuksissa ja varastoinnissa. Rakennusmateriaalit varastoidaan irrotettuna maanpinnasta ja säältä suojassa, jotta materiaalit eivät pääse likaantuman tai kastumaan. Työmaalla välivarastointia pyritään välttämään, mikä edellyttää ennakkosuunnittelua materiaalien toimituksissa. Materiaalien kelpoisuuksien ylläpitämisen lisäksi rakentamisen aikana olosuhteet on oltava työvaiheelle soveltuvia. Kosteudenhallinnan kannalta tämä edellyttää mm. sääsuojien käyttöä aina tarpeen vaatiessa; tiloissa oltava rakenteiden kuivumiselle otolliset olosuhteet, kuten riittävä lämmitys ja ilman kosteus; ylimääräinen kosteus on poistettava hallitusti rakenteista, kuten esimerkiksi talvella lumi poistetaan mekaanisesti, sekä kiinnittävä erityistä huomioita vuodenaikasta johtuviin olosuhteisiin. Rakentamisen aikana olosuhteita ja rakenteiden kuivumista seurataan lämpötilamittauksilla, jotka dokumentoidaan esimerkiksi työmaapäiväkirjaan. (Merikallio 2005; Teriö 2003.)

4.7 Vastaanotto ja käyttöönotto

Rakennuttajan tehtävänä luovutusvaiheessa on hyväksyä rakennuksen käyttöönottokunto, joka on varmistettu sovitulla todentamismenetelmillä. Rakennuksen käyttöönoton edellytyksenä on, että kaikki tarvittavat viranomaisen vaatimukset on täytetty ja rakennus on siten rakentamiselle asetettujen laatuvaatimusten mukainen. P1-puhtausluokkaan kuuluu, että luovutettavassa tilassa ei saa olla silminnähtäviä epäpuhtauksia. Käyttöönottovaiheessa tulee rakennuksen järjestelmät olla säädetty käytön mukaiseksi. Käyttöönottovaiheessa tehdyillä säädöillä ei kuitenkaan välttämättä saada heti täysin tavoitteita vastaavia olosuhteita käytön aikana, vaan ns. normaalin tilanteen hakemisessa voi kulua 1–2 vuotta. Tästä syystä käyttäjien ja nimenomaan rakennuksen ylläpitävän orga-

nisaation perehdyttäminen toimivuuden varmistamisen menetelmiin tulee tehdä huolellisesti. Rakennuttaja vastaa ylläpidon käyttökoulutuksesta sekä käytönopastuksesta. Toimivuuden varmistamisen kannalta olennaisia toimenpiteitä on aktiivinen käytön aikainen seuranta ja sen dokumentointi. Sisäilmaston tavoitearvojen toteutumista käyttöönotto-vaiheessa ja käytön aikana todennetaan mittauksin, joista saatavia arvoja verrataan asetettuihin tavoitearvoihin. Sisäilmaston laadun arviontiin käytetään myös käyttäjiltä kerättävää palautetta. (Pietiläinen ym. 2007.)

Rakennuksen suunnitelmien mukaisuus ja suunnitelmien mukainen toimivuus varmistetaan, ennen kuin rakennus todetaan valmiiksi. Rakennuksen kaikki rakennus- ja asennustyöt tulee olla valmiita sekä rakennuksen tulee olla virheettömässä kunnossa. Vastaanottovaiheessa rakennuttaja toimittaa tilaajalle kaikki hankkeeseen liittyvät dokumentit sekä varmistaa, että luovutettavat asiakirjat sisältävät kaikki rakennuksen ylläpitoon vaikuttavat oleelliset tiedot. Näihin asiakirjoihin sisältyy toimivuuden varmistamisen toimenpiteet rakennuksen elinkaaren aikana. (RT 10-11107 2013; Pietiläinen ym. 2007.)

4.8 Takuuaika

Rakennusurakan takuu aika on rakennusurakan yleisten sopimusehtojen (RT16-10660 1998) mukaan kaksi vuotta, ellei laadituissa sopimuksissa ole erikseen muuta määritelty. Rakennuttajan takuuajan tehtäviin kuuluu takuutarkastuksien pitäminen ja niihin liittyvien valmisteluiden tekeminen. Takuutarkastusta varten rakennuttaja kerää käyttäjiltä palautetta ja tietoja havaituista puutteista. Sisäilmaston kannalta toimivuuden varmistamisen takuutehtävänä on kiinteistönhoito-organisaatiolta saatujen tietojen perusteella arvioida käytön aikaista sisäilmaston laatua. Urakoitsijan tulee itse tai kustannuksellaan korjata mahdolliset puutteet, jotka voidaan osoittaa johtuvan urakoitsijan toiminnasta. Rakennuttaja valvoo mahdollisten korjaustöiden suoritukset. Takuuajan loppuessa pidettävän takuutarkastuksen päätökseksi hyväksytään urakoitsijan velvoitteet täytetyiksi ja palautetaan takuuajan vakuus. (Pietiläinen ym. 2007; Kankainen & Junnonen 2004, 73–74.)

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakennuksen sisäilmastolla on suuri merkitys rakennuksen käyttäjien terveellisyyteen ja toiminnan tehokkuuteen. Rakennuksen sisäilmasto-olosuhteisiin vaikuttaa erittäin suuri määrä erilaisia muuttujia, jotka tulee huomioida rakennushankkeessa hyviä sisäilmasto-olosuhteita tavoiteltaessa. Rakennuksen sisäilmastoon vaikutetaan helpoiten ja tehokkaimmin hankkeen alkuvaiheessa. Lopputulosta ajatellen on siis erityisen tärkeässä roolissa rakennuksen sisäilmaston täsmällisten tavoitteiden asettaminen. Tavoitteiden asettelussa haasteena on ennen kaikkea se, että lopputulos koetaan vasta käytön aikana. Tämä johtaa usein siihen, että rakennuksen omistaja ja käyttäjä eivät välttämättä osaa asettaa tavoitteita tarpeellisen täsmällisesti hankkeen alkuvaiheessa. Omistajan asettamat tavoitteet elinkaarikustannuksille usein rajoittavat parhaiden mahdollisten sisäilmasto-olosuhteiden saavuttamisen. Tähän voi vaikuttaa myös se, että mahdollisesti hyvän sisäilmaston taloudellisia hyötyjä ei nähdä todenmukaisena.

Tavoitteita asetettaessa tulisi keskittyä käytön aikaisen koettavan sisäilmaston havainnollistamiseen omistajalle ja käyttäjille. Koettavan sisäilmasto-olosuhteen tavoite asetetaan numeerisilla tavoitearvoilla, joilla kyseiseen olosuhdetasoon päästään. Numeeriset tavoitearvot mahdollistavat tavoitteiden mukaisuuden todentamisen rakennushankkeen ja käytön aikana. Sisäilmasto-olosuhteiden tavoitearvoja asettaessa myöskään pelkän sisäilmastoluokituksen valitseminen ei välttämättä kuvaa täysin halutun mukaista sisäilmastoa. Etenkin käyttäjille voi myös olla tavoitteiden asettelussa eri sisäilmaston osaluille tai niihin sisältyvissä olosuhteissa eri priorisointeja. Tämän takia käyttäjien vaatimuksia vastaavia sisäilmasto-olosuhteita tavoiteltaessa tavoitearvojen täsmentäminen on keskeisessä roolissa.

Sisäilmasto-olosuhteiden tavoitearvojen ja niiden todentamismenetelmien asettamisessa etuna on myös hankkeessa toimivien vastuullistaminen halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Sopimuksiin liitetyt tavoitearvot ja todentamismenetelmät ovat siis myös turvana tilaajalle ja rakennuttajalle mahdollisten riitatilanteiden selvittelyssä. Pelkän sisäilmasto-olosuhteiden tavoitearvojen ja todentamismenetelmien asettaminen on kuitenkin vain osa hankkeen tavoitteiden asettelua. Etenkin sisäilmasto-olosuhteiden pysyvyyden, kustannusten ja aikataulun kannalta on käytettävä toimivia menetelmiä toteutusvaiheessa. Tästä syystä hankkeen suunnitteluvaiheella on erityisen suuri merkitys.

Suunnitteluvaiheessa keskitytään varmistamaan, että laadittavilla suunnitelmilla ja toteutusratkaisuilla päästään haluttuun lopputulokseen. Näiden suunnitelmien toteutumista varmistetaan rakentamisvaiheessa mm. määritellyillä todentamismenetelmillä.

Sisäilmastoon keskittyvä rakennuttaminen asettaa rakennushankkeessa suurta haasteellisuutta rakennuttajan tehtävistä huolehtivalle. Tämän opinnäytetyön tuloksena on laadittu rakennuttajakonsultointia tarjoavalle yritykselle sisäilmaolosuhteiden vaatimusmatriisit. Näillä vaatimusmatriiseilla annetaan rakennuttajan tehtävistä huolehtivalle keinot, joilla koettavaa sisäilmastoa havainnollistetaan hankkeen alkuvaiheessa ja käännetään sen jälkeen hankesopimukseen numeerisiksi tavoitearvoiksi sekä kuvataan hankkeen vaatimuksen mukaisuuden varmistavia tekijöitä todentamismenetelmineen.

LÄHTEET

Kajaala, M. 2006. Toiminnallisten tavoitteiden asettaminen ja todentaminen talonrakennushankkeissa erityisesti sisäilmaston osalta. Diplomityö. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Viitattu 8.3.2017. <https://www.motiva.fi/files/886/mervi-kajaala.pdf>.

Kankainen, J. & Junnonen, J.-M. 2004. Rakennuttaminen. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016. Annettu Helsingissä 29.12.2016. Saatavissa sähköisesti osoitteessa <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161397>.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Annettu Helsingissä 5.2.1999. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>.

Merikallio T. 2005. Rakennustyömaan kosteudenhallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 23.5.2017. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050502.pdf>.

Pietiläinen, J.; Kauppinen, T.; Kovanen, K.; Nykänen, V.; Nyman, M.; Paiho, S.; Peltonen, J.; Pihala, H.; Kalema, T.; & Keränen, H. 2007. ToVa-käsikirja. Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. Espoo: VTT. Viitattu 10.8.2016. www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2413.pdf.

RakMk D2. 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. Saatavissa sähköisesti osoitteessa www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf.

RT 07-10805. 2003. Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle. Rakennustieto Oy.

RT 07-10832. 2004. Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle. Rakennustieto Oy.

RT 07-10946. 2009. Sisäilmastoluokitus 2008. Rakennustieto Oy.

RT 16-10660. 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. Rakennustieto Oy.

RT 91-10970. 2009. Puhtauden hallinnan huomioonottaminen rakennussuunnittelussa. Rakennustieto Oy.

RT 10-11107. 2013. Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR12. Rakennustieto Oy.

RT 10-11222. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen osapuolet. Rakennustieto Oy.

Seppänen, O. 2005. Sisäympäristö ja tuottavuus. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 23.5.2017. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050703.pdf>.

Allergia- ja Astmaliitto ry ja Hengitysliitto ry. 2011. Sisäilmaopas. Viitattu 25.1.2017. www.hengitysliitto.fi/sites/default/files/opaat/sisailmaopas.pdf.

Sisäilmayhdistys ry. 2017. Sisäilman vaikutukset. Viitattu 8.2.2017 www.sisailmayhdistys.fi > Etusivu > Terveelliset tilat > Sisäilmasto > Sisäilmaston vaikutukset.

Sisäilmayhdistys ry. 2017. Sisäilman vaikutukset. Viitattu 8.2.2017 www.sisailmayhdistys.fi > Etusivu > Terveelliset tilat > Sisäilmasto > Perustietoa.

Teriö, O. 2003. Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta. VTT. Viitattu 23.5.2017. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22328/Betonivalmisosarakentamisen+kosteudenhallinta.pdf>.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. Annettu Helsingissä 26.3.2009. Saatavissa sähköisesti osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>.